

## コンピュータを用いて実施する認知能力検査の開発

著者	服部 環
発行年	2011
その他のタイトル	Developing a computerized test for cognitive abilities
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/115131">http://hdl.handle.net/2241/115131</a>

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20530585

研究課題名（和文） コンピュータを用いて実施する認知能力検査の開発

研究課題名（英文） Developing a computerized test for cognitive abilities

研究代表者

服部 環 (HATTORI TAMAKI)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・教授

研究者番号：70198761

研究成果の概要（和文）：探索的因子分析に関する 5 つの論点，すなわち(i)共通因子の数，(ii)因子抽出法，(iii)因子の回転，(iv)因子パターンと因子相関の標準誤差，(v)カテゴリカルデータの因子分析に関する実用的な情報を提供した。また，3 次の積率を用いる構造方程式モデリングによって，2 個と 3 個の観測変数のフルパスモデルとそれぞれ 2 個の観測変数を伴う 3 個の潜在変数のフルパスモデルにおいて，有意なパス係数を検出するために必要な標本の大きさを提供した。認知能力モデルについて概観した。

研究成果の概要（英文）：This study provided practical information on five issues of modern EFA: (i) number of common factors to extract, (ii) factor extraction method, (iii) factor rotation, (iv) standard errors of factor patterns and correlations, and (v) factor analysis of categorical data. And based on simulation studies using non-normal structural equation modeling, we presented the necessary sample sizes in order to detect significant path coefficients in full path models with two or three observed variables and those with three latent variables with two observed variables each.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総 計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・教育心理学

キーワード：構造方程式モデリング，独立成分分析，認知能力

## 1. 研究開始当初の背景

比較的高度な認知能力と反応速度との相関関係が指摘されているが，因果の方向性に関して結論を得てないので，その方向性を特定する準備を進めてきた。コンピュータテストの作成もその一貫であり，同時に紙筆式では測定できない認知能力を測定できると期待された。

## 2. 研究の目的

(1)高次積率を用いた構造方程式モデリングを実行するためのコンピュータプログラムを作成し，2 つもしくは 3 つの観測変数のみを分析するだけで因果関係を特定することができるかどうかをシミュレーション実験によって検討する。

(2)観測変数のみならず，因子間の因果関係を特定できるかどうかを検討し，特定できると

したほどの程度の標本サイズを必要とするかを調べる。

(3)独立成分分析によって観測変数の因果関係を特定する試みが発表されているので、その方法と高次積率を用いた構造方程式モデリングとの比較検討を行う。

(4)上記の目的を達成するためのコンピュータプログラムを使いやすい形で一般に公開する。

(5)認知能力に関する先行研究とそれを測定する心理検査を概観し、今後を展望する。

(6)比較的高度な認知能力と反応速度との関係を検討する。

### 3. 研究の方法

(1)現代の探索的因子分析に焦点を絞り、因子数の推定(指定)方法、母数(因子パターン、独自性、因子間相関)の推定方法、因子の回転方法(因子の変換方法)、母数の標準誤差の推定方法、カテゴリカル因子分析における母数の推定について、統計ソフトウェアに関する情報に触れながら概観した。因子数の推定に関しては、並行分析、MAPテスト、スクリーテスト、カイ二乗検定、Kaiser基準を比較したZwick & Velicer (1986)のシミュレーション実験によれば、並行分析とMAPテストが他の方法よりも優れていること、さらにKaiser基準は因子数を過剰推定することが示された。また、堀(2005)はMAPと対角SMC並行分析の挟み込み推定法を薦めている。今後、他の方法を含めた比較研究を行うことが期待されるが、決め手となる方法はないものと予想される。したがって、複数の因子数を指定して因子分析を行い、統計的基準を参照した上で解釈しやすいかどうか観点から因子数を決めることになる。また、母数の推定に関しては、非反復主因子法は抽出因子数が多すぎても、不適解を出さないのが、研究の初期段階で多数の因子を抽出し、継続する研究で項目を追加する場合に有効である。一方、反復主因子法、最小二乗法、重み付き最小二乗法、最尤法は不適解を出すことがあるので、因子分析モデルを当てはめることの適否を検討することができる。また、1, 2項目だけに影響する因子を抽出することが難しいので、信頼性の低い尺度を構成する可能性は低い。さらに、因子分析モデルとデータとの適合度を知ることができ、因子数を統計的な観点から推測できるというメリットもある。本研究の結果は、研究当事者が研究を遂行する上で因子分析に関する知識を広げたいと考えている場合には参考になると期待される。[服部]

(2)構造方程式モデリング(以下、SEM)は相関分析、重回帰分析、パス解析、因子分析、潜在変数のパス解析などを下位モデルとす

る多変量解析法である。SEMは研究者の仮説に基づいて因果モデルを統計的に検証できる点に特徴があるが、観測変数の2次までの積率を利用するSEMは、飽和・同値モデルの存在と解の識別不定性が原因となり、仮説を常に検証できるとは限らない。これに対し、3次以上の積率を用いたSEM(Bentler, 1983; Mooijaart, 1985; 豊田, 2007; Shimizu & Kano, 2008; nnSEM)は、従来のSEMが有するそうした問題を解決できる可能性を持っている。例えば、豊田(2007)とShimizu & Kano(2008)は高次の積率を利用したSEMを単回帰分析に適用し、200名程度の標本で因果の方向を特定できる可能性を示した。そこで、観測変数の双方向モデルに焦点を当て、nnSEMが有意なパス係数を検出するために必要とする標本の大きさをシミュレーション実験により検討した。

①観測変数の因果モデル 2つの観測変数、および3つの観測変数の間に双方向の因果関係があるモデルとした。シミュレーション条件は、2変数モデルでは標本の大きさを50, 100, 200, 400, 800の5通りとした。誤差には自由度8のカイ二乗乱数を用いた。ここではパス係数が相関係数に等しい。各条件において10,000回の実験を行った。ただし、3変数の場合は1,000回とした。母数の推定には、構造方程式モデルとしてRAMモデル(McArdle & McDonald, 1984)を用い、推定にはADF3(豊田, 2007)を用いた。

実験の結果、2変数のとき、パス係数が0.1と小さい場合は800名であっても成功の割合が60%程度であり、因果の方向を正しく特定することが難しいことがわかる。ところが、パス係数が0.2になると、400名で80%以上の成功率であり、失敗の割合も2%と小さい。この実験ではパス係数の値が相関係数に等しくなるので、2変数の間に因果関係があり、2変数の相関が0.2程度であれば、400名程度の標本で正しく因果の方向を特定できる可能性が高いことがわかる。標本が800名と大きい場合の成功率は93%とさらに大きい。また、パス係数が0.4の場合、200名での成功率が90%を越えており、失敗は0.5%である。100名でも成功率は78%である。したがって、2変数の相関が0.4を越えるなら、200名程度の標本で因果の方向を正しく特定できる可能性が高い。シミュレーション実験の結果は誤差の歪みの大きさとも関係する。今後、歪みのバリエーションを増やした実験を行う必要がある。また、2変数間の単回帰分析を相互に行い、2つのモデルの適合度を比較して因果の方向を特定することもできるので(豊田, 2007b; Shimizu & Kano, 2008),そうした方法と本稿の方法との相違も検討すべきであろう。

3変数の場合、パス係数の推定値の符号が

真値の符号と同一で有意水準 5%で有意となった割合を調べたところ、標本の大きさが 100 名の場合、すべての帰無仮説を棄却できたケースが 5%ほどあるものの、過半数の帰無仮説を棄却できなかった。一方、200 名の場合は過半数の帰無仮説を棄却できた割合が 70%を越え、すべての帰無仮説を棄却できた割合も 17%ほどある。さらに標本が増えて 400 名の場合、96%は過半数の帰無仮説を棄却できた。しかも、すべての帰無仮説を棄却できた割合も 40%ある。800 名の場合、すべての帰無仮説を棄却できた割合は 70%と大きい。ここでは比較的小さなパス係数（標準化解の絶対値は 0.098 から 0.304）としたが、さらに大きなパス係数では検出力も大きくなる。一般的な研究論文で 400 名程度の標本を収集することは難しいことではないから、双方向モデルを検証するには 400 名が一つの目安にできるかもしれない。もちろん、誤差の歪み、標本の大きさ、パス係数の値を変えたシミュレーション実験を積み重ね、因果の方向を特定するために必要となる条件を探るべきであろう。

②3 潜在変数の双方向モデル 3 つの潜在変数をすべて内生変数とする双方向モデルを用いた。シミュレーション実験ではパス係数の値を真値とした。潜在変数の間に異符号の因果を仮定している。また、各潜在変数に 2 つの観測変数を用意し、因子パターンをすべて 0.7 とした。ここでは潜在変数間のパス係数に関心があるので、因子パターンを同値とした。観測変数に対する誤差、潜在変数に対する誤差にはすべて自由度 8 のカイ二乗乱数を平均と標準偏差の理論値によって標準化した値を用いた。パス係数として符号を異にする値を用いたので、潜在変数の母相関係数は -0.056, 0.029, -0.020 ときわめて小さい。シミュレーション実験では、標本の大きさを 500~10000 の 8 通りとし、シミュレーションの回数を各人数条件とも 100 回とした。この実験は潜在変数間のパス係数を推定するので、比較的大きな標本とした。また、シミュレーションの回数として 100 回は十分とはいえないが、100 回のシミュレーションに約 27 時間を要したため、各人数条件とも 100 回とした。母数を推定する際にはすべての因子パターンの初期推定値を正值とした上で、潜在変数に対する誤差の分散を 1 に固定した。各パス係数の推定値の符号が真値の符号と同一となり、有意水準 5%で有意となった割合を調べた。

実験の結果、500 名条件では過半数のパス係数の推定値の符号が真値と一致し、有意となった割合は 33%である。パス係数の真値が小さいため、500 名では十分な検出力が得られなかったと言える。また、推定値のバイアスがやや大きいパス係数があり、カイ二乗値

の分散も理論値の 100 よりもやや大きいように思われる。この結果がシミュレーション回数が少ないことによるものなのか、標本が小さいことによるものなのか、この実験だけでは正確な原因を特定することはできないので、さらに検討が必要である。また、1000 名条件では過半数のパス係数が条件を満たした割合は 57%、すべてのパス係数が有意となった割合は 13%である。パス係数の真値が小さいため、1,000 名でも十分な検出力を確保できなかったと言える。したがって、小さなパス係数までも検出したい場合はさらに大きな標本を確保すべきであろう。過半数のパス係数が条件を満たした割合は、1500 名条件が 77%、2000 名条件が 80%である。小さなパス係数までも検出したい場合は 1500 名程度の標本を必要であろう。他の条件の結果を見ていくと、現実的ではないが、10,000 名の標本があれば、これだけ小さいパス係数であってもほぼ検出できる。比較的大きなパス係数が想定される場合は、もちろん、これほど大きな標本を必要としない。[服部]

(3)2 変数間の因果関係を分析する際、2 変数の相関係数だけを考察しても、それが因果関係に基づく相関なのかどうか知ることにはできない。相関関係は因果関係がある場合だけでなく、疑似相関や因果連鎖の場合も生じるからである。通常、因果関係を仮定するときは回帰分析を適用するが、分散共分散に基づく従来の回帰分析や構造方程式モデリングでは、モデルとデータが完全に適合する飽和モデルになるため、相関関係が生じた理由を統計的に特定することは不可能であった。しかし、もし 2 変数の間に因果関係があるとするならば、独立成分分析を適用することにより、因果の方向性を特定できる可能性がある (Shimizu, Hyvarinen, Kano, Hoyer & Kerminen, 2006)。一方、4 次までの積率（歪度、尖度）を用いた構造方程式モデリングを用いても、非正規性を利用することで、因果の方向性を推定できる可能性がある

(Shimizu & Kano, 2008)。Shimizu & Kano (2008) のシミュレーション実験では、非正規性が強い場合に 500 名ほどの標本があれば、ほぼ確実に因果の方向を推定できることが示され、実際のデータへ適用した場合にも、妥当な結果が得られている。そこで、ここでは独立成分分析に焦点を当て、4 次までの積率を利用する構造方程式モデリングのシミュレーション実験結果と比較しながら、2 変数間の因果の方向を特定できるかどうかについて検討した。

①混合係数の計算とシミュレーション実験 Marchini, Heaton & Ripley (2009) の fastICA パッケージとその関数を利用した。fastICA 関数は混合係数の標準誤差を推定しないの

で、混合係数の有意性検定を行うことができない。そこで、本研究では、ブートストラップ法を用いて混合係数の標準誤差を推定し、有意性検定を行った。シミュレーション条件は、4次までの積率を用いた構造方程式モデリングを実行した Shimizu & Kano (2008) に倣い、説明変数と誤差の値を1とした2変数モデルを仮定し、シミュレーション実験を行った。その際、真の回帰係数を0.2, 0.5, 0.8の3通りとし、説明変数と誤差に、 $\gamma$ 分布を用いた非正規性の強弱を想定した。また、それぞれの場合において、標本の数を50~1,000の6通りとした。

実験の結果、500名ほどの標本があれば、ほぼ確実に因果の方向を推定でき、標本の数が大きいほど、より多く正しい因果の方向性を示唆できることが示された。同様に、回帰係数が大きいほど、また非正規性が強いほど、より多く正しい因果の方向性を推定できることが示された。また、非正規性が強い場合、相関係数が大きくなるほど、的中率は高くなった。標本の数が大きくなるにつれてもほぼ同様の結果が得られたが、相関係数が小さい場合、必ずしも標本の数が大きくなるほどの中率が高くなるわけではなかった。非正規性が弱い場合、非正規性が強い場合に比べて全体的に的中率が低かったが、全体的な傾向はほぼ同じであった。的中率自体は構造方程式モデリングの方が大きいということが示された。〔服部〕

(4) 現在でも、国内の心理学の教科書に記述されている知能理論は、Spearmanの2因子説とThurstoneの多因子説、Guilfordの立体構造モデルなどが多い。このことをそのまま受け止めるとするならば、知能研究は以後何の進展も見せていないことになるが、もちろんそのようなことはなく、現在も多く研究者によって新たな知見が提出され、着々と学問的蓄積がなされている。そこで、本研究では、新しい知能理論の中でも特にその妥当性の高さで注目され、多くの研究者に支持されている Cattell-Horn-Carroll (CHC) 理論と、この理論に基づいて作成された知能検査を用いた知能研究について概観した。

①CHC理論構築までの経緯 SpearmanとThurstoneが知能に関する一般因子gの存在をめぐる対立していた1940年代、Spearmanの下で大学院生として認知能力に関する研究を行っていた Cattell は一般因子gを2つに分解し、流動性知能 (fluid intelligence:Gf) と結晶性知能

(crystallized intelligence:Gc) と位置づけた (Cattell, 1943, 1963)。初期のGf-Gc理論において想定された知能因子はこの2つであったが、HornがGf-Gc理論を拡張した。Cattellの2分法に対し、Hornはこのモデル

を受け入れず、Horn自身の博士論文の時点で、自らの研究結果がこれら2つの一般因子よりも多くの因子を支持していると確信した。Hornは、その後、視覚的知覚・処理 (visual intelligence:Gv)、短期記憶 (short-term acquisition and retrieval:Gsm)、長期記憶 (long-term storage and retrieval:Glr)、処理速度 (cognitive processing speed:Gs) の4つの能力因子を加えた。その後、反応時間/決定速度 (correct decision speed:CDS またはGt)、量的能力 (quantitative knowledge:Gq)、読み書き能力 (reading and writing skills:Grw)、聴覚的処理 (auditory intelligence:Ga) なども加えた。名称としてはGf-Gc理論という名前がその後も続いたが、想定された10の能力因子は互いに同格であり階層的な関係を持つものではないと考えていた (Kaufman, 2009)。また、HornはSpearmanの弟子でありながらも知能の構造に対しては多因子説の立場であったため、一般知能因子gの存在については否定的であった (McGrew, 2005)。

②Carrollの3層理論とHornの知能理論 Carroll (1993) は知能構造に関する研究を概観し、調査対象とした世界中の2000以上の研究の中から、相関行列が利用できることなどいくつかの基準をクリアした460以上の知能検査の結果を因子分析法によりメタ分析を行った。再分析の結果から、知能が3つの階層構造をなすことを発見し、知能の3層理論を発展させた。第1層目には約70項目からなる特殊な能力因子が置かれた。第2層目には、Hornの能力因子とおおよそ一致した8つの広範な知能因子が置かれた。そして、第3層目にはSpearmanと同じく一般因子gが置かれた。Hornは一般因子gの存在については懐疑的であったが、広範な能力因子に焦点を当てた点においてはCarrollと一致する部分も多く、1990年代の後半、ついに2つの理論の統合が図られることとなった。この統合された理論がCHC理論である。一般因子gの扱いについて統一した見解は得られていないが、その下位に位置する主要な10の広範な能力因子は、GfとGcに加え、視覚的知覚・処理 (Gv)、短期記憶 (Gsm)、学習と検索 (Glr)、処理速度 (Gs)、反応時間/決定速度 (Gt)、聴覚的処理 (Ga)、量的能力 (Gq)、読み書き能力 (Grw) である。GqとGrwについては意見が分かれており、2つを学校教育における習得度とする見方もある。また、第2層に広範な能力因子をいくつ置くかは、研究者によって微妙に見解が異なる。McGrew (2005) は、上記の10個に一般知識 (general [domain-specific] knowledge:Gkn)、触覚能力 (tactile abilities:Gh)、運動感覚能力 (kinesthetic abilities:Gk)、嗅覚能力 (olfactory abilities:Go)、精神運動能力

(psychomotor abilities:Gp), 精神運動速度 (:Gps) の 6 つを加えた合計 16 個が CHC 理論を構成するとしている。

③CHC 理論に基づいた知能検査 現在, 海外で用いられている知能検査の多くは, CHC 理論をはじめとする何らかの知能理論に基づき, その知能理論に沿った知能因子を測定可能となるように作成・改訂が行われている。中でも Woodcock-Johnson III (WJ-III) は最多の 7 因子を測定可能である。もともと Gf-Gc 理論に準拠していた WJ-R が WJ-III へと改訂を検討していた時に CHC 理論と出会い, CHC 理論に最も準拠した知能検査を志向して改訂が行われているためである。また, KABC-II (Kaufman & Kaufman, 2004) は 2 つの理論的根拠に基づいて作成されている。一つは K-ABC が依拠したルリアの神経心理学モデルであり, もう一つが CHC 理論である。つまり, ルリアモデルの視点では継次処理と同時処理の認知処理過程を測定し, CHC 理論の視点では視覚的知覚・処理 (Gv), 短期記憶 (Gsm), 流動性知能 (Gf), 長期記憶 (Glr), 結晶性知能 (Gc) を測定する。わが国では, それ以上に多くの能力因子を測定する日本版 KABC-II の標準化 (藤田・石隈・青山・熊谷・服部・小野, 2009) が計画されている。

CHC 理論の妥当性に関しては, 多くの研究 (Morgan, Rothlisberg, McIntosh & Hunt, 2009; Phelps, McGrew, Knopik & Ford, 2005; Sanders, McIntosh, Dunham, Rothlisberg & Finch, 2007; Tusing & Ford, 2004) が, 確認的因子分析の手法を用いた検討により, データが最も強く支持するモデルが CHC 理論を表現したモデルであることを示している。また, 検査対象となる集団におけるバイアスの度合についても, 性差 (Camarata & Woodcock, 2006; Keith, Reynolds, Patel & Ridley, 2008), 人種 (Edwards & Oakland, 2006; Murray, 2007), 英才児/非英才児 (Rizza, McIntosh & McCunn, 2001), 精神遅滞児と健常児 (Bergeron & Floyd, 2006), 検査者のバイアス (Fiorello, Thurman, Zavertrnik, Sher & Coleman, 2009; van Noord & Prevatt, 2002) などについて検討されている。また, Lohman (2003) や Sanders et al. (2007) のように WJ-III と他の知能検査を組み合わせで並存妥当性について検討したものもある。CHC 理論を応用した実践研究として, 数学の苦手な子どもの認知能力因子を平均的な子どものそれと比較することで LD の診断モデルを提案しているもの (Proctor, Floyd & Shaver, 2005) や, 数学に関する下位検査の成績と CHC 理論の能力因子との関係を探ったもの (Floyd, Evans & McGrew, 2003) などがある。読みに関するものでは, 読書障害児の読書に関する能力の向上を介入実験により確認したもの (Manset-Williamson &

Nelson, 2005), 読みのスキルに関係のある CHC 理論の能力因子を探ったもの (Benson, 2008; Evans, Floyd, McGrew & Leforgee, 2001; Floyd, Keith, Taub & McGrew, 2007; Gregg, Hoy, Flaherty, Norris, Coleman, Davis & Jordan, 2005), 読解能力と知識の効果が, 課題文の内容 (説明文/物語文) によって非対称であることを示したもの (Best, Floyd & McNamara, 2008; McNamara, Floyd, Best & Louwerse, 2004) などがある。

一般知能 g の扱いに関する議論は未だ決着を見ないが, CHC 理論に基づいた知能検査が作成されることで, CHC 理論はさらにその有用さを増していくだろう。しかし, 商業用の認知能力テストによって測定された因子数が年々増加していることを発見した Frazier & Youngstrom (2007) は, 開発者は付加的な因子まで測定できるようにテストバッテリーを長くしていく可能性が今後もあるが, 臨床家にとっては確実に一般知能能力を査定することのできる短いテストバッテリーによる簡便な方法に興味を持っているという, 開発者と利用者の認識の乖離を指摘している。[三好・服部]

(5) シミュレーション実験と実際のデータへ適用するためのプログラムは R を用いて作成した。そうした中で得られた成果を図書として, R と R パッケージのインストール, 基本的命令文と関数, 単回帰分析, 重回帰分析, 一般化線形モデル, 判別分析, クラスター分析, 因子分析, 主成分分析, 独立成分分析, 確認的因子分析, 潜在曲線モデル, 相関係数に関する種々の検定, 潜在変数の構造方程式モデル, 3 次の積率を利用する回帰分析, 項目反応理論としてまとめた。因子分析, 独立成分分析, 3 次の積率を利用する回帰分析には, 特に本研究で行った実験の成果を生かすことができた。[服部]

#### 4. 研究成果

コンピュータを用いた検査で認知能力を測定し, 反応速度との間の因果関係を特定するところまでの成果は出ていないが, 統計面での準備はできたので, 引き続き研究を続けていく。

道具的変数を用いずに因子間の因果関係を特定することができ, それに必要な標本の大きさを示すことができたことも成果である。

さらに, 独立成分分析と構造方程式モデリングとの比較検討を行うことで, 後者の方が高い中率を示すことができたことも成果と言える。以上の成果は国内外の学会で報告された。

上記の研究を進める中で作成したコンピュータプログラムは図書の中で公開し, ネット

トワーク上からもダウンロードできるようにしたので、それを誰でも自由に利用することができる。しかも、図書は多変量データ解析をも含む内容としたので、心理データ解析教育でも活用できる。これも成果と言える。

平成 22 年度に指導要録が改訂され、「総合所見及び指導上参考となる諸事項」の欄が継続され、今後も標準検査の結果を記載することができる。児童・生徒の学習指導において、CHC 理論をはじめとする実証的理論に基づいて開発された検査の結果を記載することを図書の中で示唆することができたことも成果である。また、Wundt はライプツヒ大学に世界で最初の心理学実験室を 1879 年に設置したが、それ以前から認知能力について関心を持ち、大掛かりな装置を考案して実験を繰り返した。つまり、ビネーとシモンが知能検査を開発した 1905 年よりも前から心理学では知能を研究していたことになる。今回の補助金を用い、ビネーとシモンの研究以降、国内外で信頼性と妥当性が検証されている最新の認知能力検査と知能検査、知能研究を概観することができたので、その結果を今後の心理学教育の中でも有効に活用することができる。これも成果と言える。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 7 件)

- ① 服部 環 進路適性検査と職業適性検査指導と評価 査読無 2010, 56-12, 40-43.
- ② 服部 環 新しい指導要録「総合所見及び指導上参考となる諸事項」 指導と評価 査読無 2010, 56-8, 24-26.
- ③ 三好一英・服部 環 海外における知能研究とCHC理論 筑波大学心理学研究 査読有 2010, 40, 1-7.
- ④ 服部 環・三好一英 知能検査検査(集団式)と知能理論 指導と評価 査読無 2010, 56-5, 44-47.
- ⑤ 服部 環 教育・心理検査とは 指導と評価 査読無 2010, 56-4, 44-47.
- ⑥ 服部 環 現代の探索的因子分析における技術的選択肢 筑波大学心理学研究, 査読有 39, 2010, 11-24.
- ⑦ 服部 環 3 次の積率構造を用いる構造方程式モデリングによる因果分析 筑波大学心理学研究 査読有 2009, 38, 2, 21-34.

〔学会発表〕(計 4 件)

- ① 服部 環 独立成分分析と高次積率を用いた単回帰分析 日本教育心理学第 52 回

総会 2010 年 8 月 29 日 早稲田大学

- ② 服部 環 Causal analysis utilizing structural equation modeling based on third-order moment structures. The 27th International Congress of Applied Psychology, 2010 年 7 月 11 日~16 日, Melbourne, Australia.
- ③ 服部 環 双方向因果モデルにおける検出力-nnSEMによる分析ー 日本教育心理学会第 51 回総会 2009 年 9 月 20 日 静岡大学
- ④ 服部 環 nnSEMを用いた潜在変数の因果分析 日本心理学会第 73 回大会 2009 年 8 月 28 日 立命館大学

〔図書〕(計 5 件)

- ① 服部 環 (監修, 分担)・越智啓太・徳田英次・荷方邦夫・望月 聡 心理学の「現在」がわかるブックガイド (分担執筆) 実務教育出版 2011, 印刷中
- ② 服部 環 福村出版 心理・教育のためのRによるデータ解析 (単著) 2011, 435
- ③ 服部 環 (分担) 図書文化社 平成 22 年改訂新指導要録の解説と実務 中学校生徒 (分担執筆) 2010, 157-168
- ④ 服部 環 (分担) 図書文化社 平成 22 年改訂新指導要録の解説と実務 小学校児童 (分担執筆) 2010, 159-170
- ⑤ 服部 環 (分担) 明治図書 国語学力調査の意義と問題 (分担執筆) 2010, 38-47

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

服部 環 (HATTORI TAMAKI)  
筑波大学・大学院人間総合科学研究科・教授  
研究者番号: 70198761

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

なし

##### (4) 研究協力者

三好 一英 (MIYOSHI KAZUhide)  
東京福祉大学・心理学部・講師 (非常勤)